

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-50812

(P2001-50812A)

(43) 公開日 平成13年2月23日 (2001.2.23)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード* (参考)

G 0 1 J 3/18

G 0 1 J 3/18

2 G 0 2 0

3/36

3/36

2 K 0 0 2

G 0 2 F 1/33

G 0 2 F 1/33

5 K 0 0 2

H 0 4 J 14/00

H 0 4 B 9/00

E

14/02

K

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 6 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願平11-222999

(22) 出願日

平成11年8月5日 (1999.8.5)

(71) 出願人 000000044

旭硝子株式会社

東京都千代田区有楽町一丁目12番1号

(72) 発明者 妹尾 具展

福島県郡山市待池台1-8 郡山西部第二

工業団地 旭硝子郡山電材株式会社内

Fターム (参考) 2G020 AA03 CB23 CB42 CC02 CC30

CC63 CD03 CD24

2K002 AA02 AB01 BA12 CA02 DA01

HA10

5K002 AA01 AA03 BA02 BA05 DA02

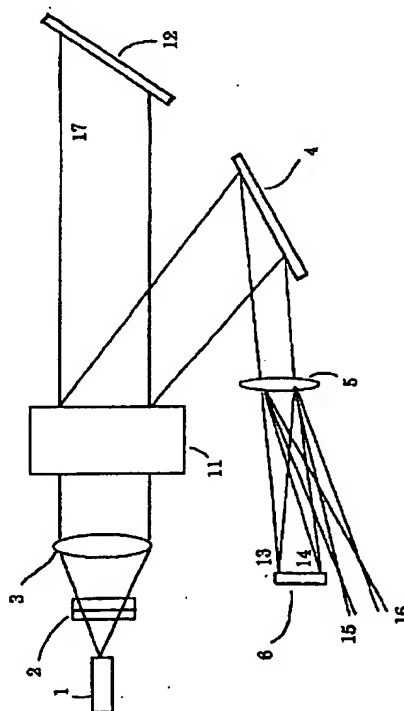
EA05 FA01

(54) 【発明の名称】 分光装置

(57) 【要約】

【課題】 WDM光通信システムにおいて、信号光の波長多重度の増大があっても、アレイ状光検出器内の受光素子数を増やさずに、所望の波長分解能やS/N比の特性を有する分光装置を提供する。

【解決手段】 光ファイバ1からの信号光がコリメートレンズ3を透過後、2種類の周波数を切り換えて駆動するAO素子11により回折後、回折素子4で回折され集光レンズ5透過後、所望の波長帯域の信号光をアレイ状光検出器6で受光する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数波長の光が多重化されて波長帯域を形成している被測定光を第1の回折格子および第2の回折格子の順に經由させて分散し、分散した分散光を集光レンズを介して複数の受光素子を備えたアレイ状光検出器に入射させる分光装置であって、第2の回折格子は格子間隔が固定された回折格子であり、第1の回折格子は少なくとも2つの周波数の超音波で駆動できる音響光学素子であって、かつ音響光学素子による被測定光の分散方向が第2の回折格子による分散方向と同じであり、さらに駆動の周波数の切り換えによって被測定光の波長帯域のうち所望の帯域部分の分散光のみがアレイ状光検出器に入射されることを特徴とする分光装置。

【請求項2】 前記音響光学素子は、駆動の周波数の種類と同じ数の超音波発生用の圧電体を備えている請求項1に記載の分光装置。

【請求項3】 前記音響光学素子は、駆動の周波数の種類と同じ数の超音波伝達媒体を備えている請求項2に記載の分光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、波長分割多重通信システムに使用する分光装置に関し、送信、受信および中継装置に用いられる信号光のスペクトラムを監視する分光装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 通信情報量の増加にともない大容量の光通信システムが要求され、これを実現する技術として、波長分割多重 (WDM: Wavelength Division Multiplexing) 通信システムが盛んに検討、導入されている。

【0003】 WDM通信システムを正常に動作・維持させるためには、WDM信号光に対して、さまざまな監視・制御を行う必要がある。具体的には、WDM信号光の波長多重度、波長、レベル、SN比などである。これらのWDM信号光の監視方法としては、市販のよく使用されている光スペクトラムアナライザを用いる方法がある。しかし、市販の典型的な光スペクトラムアナライザは、回折格子を回転させるなどの機械的可動部分を有しており、長期の安定性や信頼性に欠ける問題がある。また、測定に1秒程度要するため、監視・制御のすばやい対応ができない問題もある。

【0004】 また、別の監視方法として走査型ファブリ・ペロ干渉計を用いる方法もある。この方法においても、干渉計の構成要素である反射ミラーを駆動させる必要があり、上記と同様に長期の安定性や信頼性に問題がある。このような長期の安定性や信頼性を改善した装置の構成として、機械的可動部分のないポリクロメータを使用したものがある。ポリクロメータは、複数の受光素子を1次元方向に配列したアレイ状光検出器を用い、波

長分散素子 (例えば回折格子) を回転させる代わりに、アレイ状光検出器を用いて、被測定光の波長に応じて異なる角度方向に回折する光を同時に検出する分光装置である。図4に従来のポリクロメータの構成を示す概念的平面図を示す。

【0005】 光ファイバ1の出射端から出射された被測定光は、偏光消滅板2を通過し、コリメートレンズ3で平行光となって、回折格子4に入射する。回折格子4で分散された被測定光は、集光レンズ5により集光され、アレイ状光検出器6に結像する。複数波長の光が多重化されて波長帯域を形成している、すなわち波長多重の被測定光は、回折格子4の波長分散性により分散される、すなわち少しずつ異なった角度で回折される。回折された最短波長光7から最長波長光8までの全ての光が、アレイ状光検出器6に納まるようにこの光検出器を配置し、この光検出器を構成している受光素子の中で信号出力の強い受光素子の番号を特定することで、被測定光の波長を監視できる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 このポリクロメータ方式の場合、被測定光の測定波長帯域、波長分解能、SN比は、アレイ状光検出器の受光素子数、受光素子の配置ピッチまたは集光レンズの焦点距離などで決まる。近年の情報の大量通信にともない、波長多重度が増大した広い波長帯域の光通信システムに対して、分光装置である光スペクトラム監視装置の波長分解能やSN比の性能を維持する方法として、受光素子数がより多いアレイ状光検出器を用いるのが一般的である。

【0007】 例えば、波長多重度が40チャンネル (ch)、チャンネル間隔が50GHz (波長間隔約0.4nm) の光通信システムで、受光素子数256のアレイ状光検出器を用いた場合、6素子/1chとできる。このとき、受光素子の電気信号があるレベル (しきい値) 以上となる複数の受光素子の番号を検知し、あらかじめ256素子の各々に割り当てられた波長と番号の関係から、信号波長を求めることができる。この割り当ての場合の波長分解能は、約0.07nm (=0.4nm/6素子) である。

【0008】 しかし、さらに波長多重度が増加した場合、例えば上記の2倍の80chの場合、チャンネル間隔が50GHzの光通信システムにおいて、上記のような素子数256のアレイ状光検出器では、3素子/1chの割り当てとなり、40chの場合の6素子/1chと比べ波長分解能が低下して半分になり、光通信システムの正常動作を維持・管理する光スペクトラム監視装置としては、性能的に不足である。

【0009】 これを解決する方法として、さらに受光素子数を増加したアレイ状光検出器を用いる方法がある。上記の例でいえば、素子数512のアレイ状光検出器を用いれば、6素子/1chとでき、波長分解能として約

3

0.07 nmが得られる。しかし、素子数512のアレイ状光検出器を用いた場合、アレイ状光検出器自体の大型化、および全体の光学設計（コリメート光学系、集光光学系などの設計）の制約により、光スペクトラム監視装置が大型化する問題がある。

【0010】また、素子数512のアレイ状光検出器は、汎用的な素子数256のアレイ状光検出器と比較し、素子数が多いため生産性がよくない。また、波長多重度がさらに増加した場合、さらに受光素子数を多くする必要がある（例えば、素子数1024など）が、このような多数の受光素子を歩留りよく製作することは極めて困難であり、将来的に、被測定光の光源である半導体レーザの周波数制御の向上によるチャンネル間隔の狭小化や、光ファイバ増幅器の帯域拡大による通信波長帯域の拡大などによる多チャンネル大容量通信システムへの対応が極めて難しい問題がある。

【0011】本発明の目的は、従来技術が有していた前述のような欠点を解決するものであり、光通信システムにおける信号光の波長多重度の増大や通信波長帯域の拡大があっても、アレイ状光検出器の素子数を増やすことなく、所望の波長分解能やSN比の特性を得ることができる、分光装置である光スペクトラム監視装置を提供することである。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明は、複数波長の光が多重化されて波長帯域を形成している被測定光を第1の回折格子および第2の回折格子の順に經由させて分散し、分散した分散光を集光レンズを介して複数の受光素子を備えたアレイ状光検出器に入射させる分光装置であって、第2の回折格子は格子間隔が固定された回折格子であり、第1の回折格子は少なくとも2つの周波数の超音波で駆動できる音響光学素子であって、かつ音響光学素子による被測定光の分散方向が第2の回折格子による分散方向と同じであり、さらに駆動の周波数の切り換えによって被測定光の波長帯域のうち所望の帯域部分の分散光のみがアレイ状光検出器に入射されることを特徴とする分光装置を提供する。

【0013】また、前記音響光学素子は、駆動の周波数の種類と同じ数の超音波発生用の圧電体を備えている上記の分光装置を提供する。また、前記音響光学素子は、駆動の周波数の種類と同じ数の超音波伝達媒体を備えている上記の分光装置を提供する。

【0014】

【発明の実施の形態】本発明の分光装置である光スペクトラム監視装置においては、WDM通信システムの構成条件（波長帯域、波長間隔、波長多重度など）が変わっても、基本的な考え方は同じであり、構成条件の変化に合わせた、光スペクトラム監視装置を設計できる。

【0015】本発明では、波長多重度が80chである多チャンネルの波長帯域の信号光の一部である被測定光

4

を、同時に全て監視するのではなく、80chの信号光を、例えば短波長側の40chと長波長側の40chとの2つ波長帯域（帯域部分）に時分割し、それぞれの波長帯域の被測定光をタイミングをずらして（時系列的に）多くの受光素子から構成されるアレイ状光検出器に導く。ここでは、例えば素子数256としている。この2分割の場合、それぞれの波長帯域では、40chのみを測定すればよく、1波長の信号光に割り当てできるアレイ状光検出器の受光素子数は6素子となり、光通信システムの監視・制御に十分な波長分解能（約0.07 nm）が得られる。

【0016】以下、図面を用いて本発明の実施の形態を説明する。図1～図3は、本発明の分光装置の構成および動作の1例を示す概念的平面図である（各図の説明は後述する）。まず、これらの図で共通する構成要素を説明する。11は音響光学素子、4は回折格子、12は遮光板、13は最短波長光、14および15は中波長光、16は最長波長光、17は透過光である。また、他の符号で図4のものと同じ符号は、同じ構成要素を示す。

【0017】本発明では、第1回折格子として格子間隔が変化（後述）する音響光学素子（AO素子）11を、コリメートレンズ3と第2の回折格子4の間に設けており、AO素子が超音波による駆動の周波数 f_1 、 f_2 で動作する2つの動作モードと駆動の周波数がゼロの非駆動の1つの動作モード、合計3つの動作モードが存在する。ここで f_1 および f_2 はそれぞれ駆動の高周波数および駆動の低周波数とし、超音波によるそれぞれの駆動の周波数の違いに応じてAO素子の超音波伝達媒体中に異なる間隔の格子が発生する。

【0018】図1は、AO素子が駆動の高周波数 f_1 で動作している様子を示す分光装置の概念的平面図であり、最短波長光13から中波長光14までの波長帯域の被測定光が、アレイ状光検出器6によって測定されている。図2は、AO素子が駆動の低周波数 f_2 で動作している様子を示す分光装置の概念的平面図であり、中波長光15から最長波長光16まで波長帯域の被測定光が、アレイ状光検出器6によって測定されている。図3は、AO素子が超音波によって駆動されていないときの様子を示す分光装置の概念的平面図であり、全ての被測定光はAO素子によって回折されず、透過光17となって直進して遮光板12へ向かっている。

【0019】図1、図2および図3のそれぞれの動作モードへの切り換えは、図示していないAO素子の動作モード切り換えスイッチによって行われる。そして、これら3つの動作モードが周期的に繰り返され、これによって、アレイ状光検出器6の受光素子を有効に使うことができる。

【0020】以下、最短波長光から中波長光までの波長帯域（帯域部分）のことを短波長側帯域、中波長光から最長波長光までの波長帯域（帯域部分）のことを長波長

側帯域という。上記においては、被測定光の波長帯域を2つの帯域部分に分けて、3つの動作モードを時系列的に駆動させる場合を説明したが、波長帯域の分割は2分割に限らず、3分割でも、4分割でも、さらにもっと多くてもよい。分割数を増やすほど受光素子数を減少できるし、波長帯域の拡大にも対応できる。

【0021】また、AO素子の超音波伝達媒体に設置され、超音波を発生させる圧電体はここでは1枚として説明しており、2種類の周波数の超音波で駆動させているが、1枚に限らず、2枚でも3枚でもよく、駆動の周波数の種類と同じ数の圧電体を備えていることが好ましい。その理由は、それぞれの駆動の周波数に合わせた最適な圧電体の厚み、電極や整合回路などとすることによってAO素子の性能が向上し分光装置のダイナミックレンジの拡大など機能が高められるからである。

【0022】さらに、AO素子を構成する超音波伝達媒体の数は上記では、1個として説明したが、これも1個に限らず、2個でも3個でもよく、駆動の周波数の種類と同じ数の超音波伝達媒体を備えていることが好ましい。その理由は、1個の超音波伝達媒体に複数個の圧電体を設置するよりも、それぞれの超音波伝達媒体に1枚の圧電体を設置する方が駆動の周波数に応じたAO素子設計の自由度が増し、分光装置の最適設計ができて装置の機能の向上が図れるからである。

【0023】

【実施例】本実施例を図1、図2および図3に基づいて説明する。分光装置の光学系として、偏光消光板2は複屈折板を使用したもの、第2の回折格子4は溝本数が1100本/mmの回折格子、コリメートレンズ3は焦点距離が100mmのもの、集光レンズ5は焦点距離が227mmのものを使用した。

【0024】第1の回折格子としてのAO素子の超音波伝達媒体はモリブデン酸鉛(PbMoO_4)を用い、切り換え用の2つの駆動の周波数として $f_1=182\text{MHz}$ (短波長側帯域40ch用)、 $f_2=50\text{MHz}$ (長波長側帯域40ch用)を使用した。第1の回折格子と第2の回折格子は、それぞれの被測定光の分散方向が同じとなるように配置した。またアレイ状光検出器6はInGaAsの受光素子が256個一列に並んだものを使用し、1チャンネル当たり6素子で受光した。

【0025】駆動の周波数の切り換えは非駆動の動作モードも含めて100msごとに行い、80chの各々の信号光の波長、レベル、SN比などの状態を、得られた信号光の演算処理時間と合せて合計0.5秒に1回の割合で測定した。

【0026】被測定光の波長帯域は、2分割して短波長側帯域として周波数194.3~192.4THz(波長1543~1558nm)、長波長側帯域として周波数192.3~190.4THz(波長1559~1575nm)とした。短波長側帯域および長波長側帯域と

もに、40chの信号光を含んでおり各チャンネル間の間隔を50GHz(波長約0.4nm)とした。

【0027】各測定モードを、図ごとに説明する。まず、図1のように、AO素子の駆動の周波数を $f_1=182\text{MHz}$ として、AO素子で回折されて回折格子4へ入射する被測定光の入射角度は50.0°とし、短波長側帯域の被測定光を、アレイ状光検出器6へ入射させて測定した。このとき、最短波長光13は波長1543nmの信号光であり、中波長光14は波長1558nmの信号光であった。

【0028】また、長波長側帯域の被測定光は、第2の回折格子4へ入射されるが、回折格子4で分散された被測定光は、アレイ状光検出器6上には集光されず外側(図1ではアレイ状光検出器6の下側)に集光される。中波長光15は波長1559nmの信号光であり、最長波長光16は波長1575nmの信号光であった。

【0029】次に、図2のように、AO素子の駆動の周波数を $f_2=50\text{MHz}$ に切り換えて、AO素子で回折されて回折格子4へ入射する被測定光の入射角度は51.6°とし、長波長側帯域の被測定光を、アレイ状光検出器6へ入射させて測定した。このとき、中波長光15は波長1559nmの信号光であり、最長波長光16は波長1575nmの信号光であった。ここで、波長1559nmと波長1558nmの信号光は、波長がわずか1nmしか異なっておらず、ともに中波長光と表現した。

【0030】また、短波長側帯域の被測定光は、第2の回折格子4へ入射されるが、回折格子4で分散された被測定光は、アレイ状光検出器6上には集光されず外側(図2ではアレイ状光検出器6の上側)に集光される。最短波長光13は波長1543nmの信号光であり、中波長光14は波長1558nmの信号光であった。

【0031】最後に、図3のように、AO素子の駆動の周波数をゼロに切り換えた場合、被測定光はAO素子によっては回折されず結果的にアレイ状光検出器6には集光されない。このため、アレイ状光検出器6の受光素子によって各チャンネルの、暗電流に基づいて発生する暗出力を定期的に常時測定でき、短波長側帯域および長波長側帯域の被測定光の測定値を補正できた。また、環境に温度変化などが生じても、常に確度の高い測定値が得られた。

【0032】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の分光装置は、従来のポリクロメータにAO素子を付加した構成とし、AO素子の複数の超音波による駆動の周波数を時系列的に切り換えることで、多チャンネル信号光(波長帯域)を複数の波長帯域(帯域部分)に時間的に分割して、アレイ状光検出器に導くことができる。さらに、チャンネル信号光が増加して波長多重度が増大しても、増大に応じてアレイ状光検出器の受光素子数を増やすこと

なく、波長多重信号光の監視ができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 AO素子が駆動の高周波数 f_1 で動作している様子を示す分光装置の概念的平面図。

【図2】 AO素子が駆動の低周波数 f_2 で動作している様子を示す分光装置の概念的平面図。

【図3】 AO素子が超音波によって駆動されていないときの様子を示す分光装置の概念的平面図。

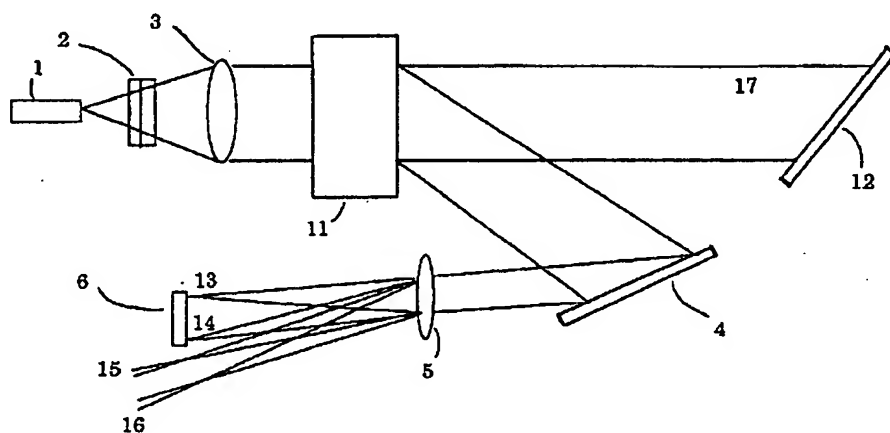
【図4】 従来のポリクロメータの構成を示す概念的平面図。

【符号の説明】

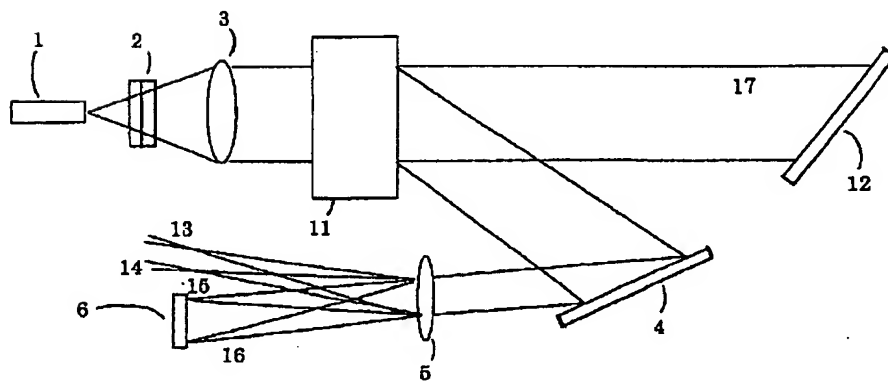
- 1 : 光ファイバ
- 2 : 偏光解消板
- 3 : コリメートレンズ
- 4 : 回折格子
- 5 : 集光レンズ
- 6 : アレイ状光検出器
- 11 : 音響光学素子 (AO素子)
- 12 : 遮光板

10

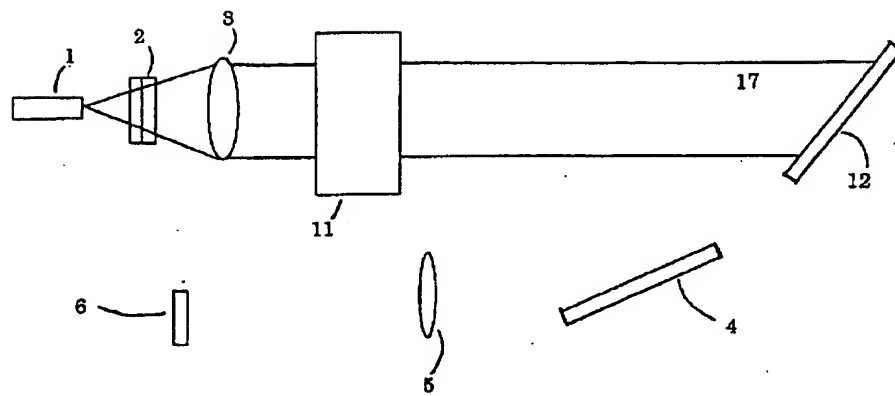
【図1】



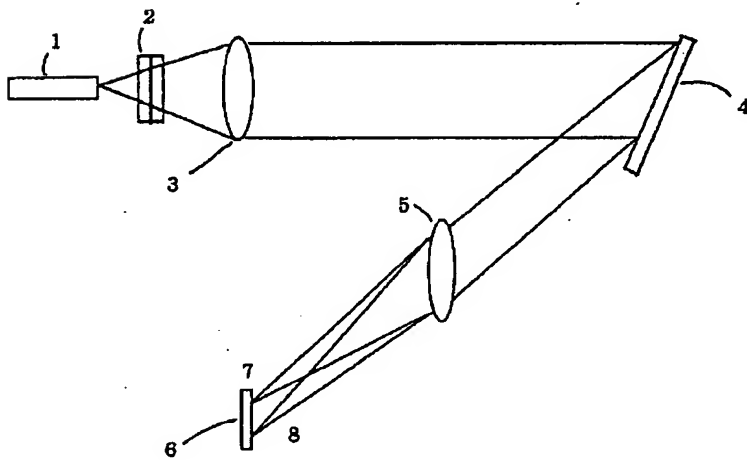
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. ⁷

H04B 10/08

識別記号

F I

テ-マコ-ト' (参考)